

(11)Publication number : 2002-360566  
(43)Date of publication of application : 17.12.2002

A61B 8/00

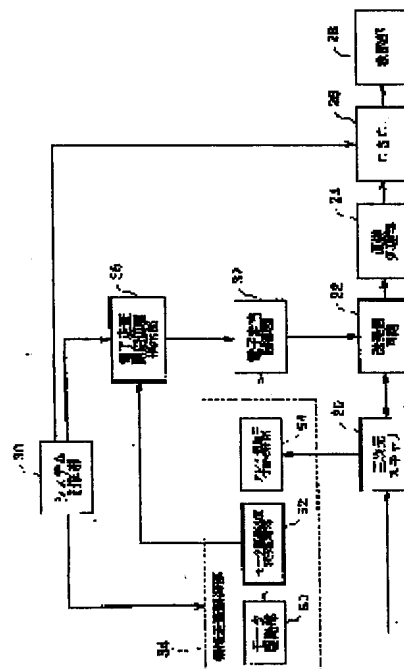
(71)Applicant : ALOKA CO LTD

(72)Inventor : MOCHIZUKI TAKESHI  
YAMASHITA YUKO

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To improve the rate of mechanical scanning and to equalize scanning in ultrasonic diagnostic instrument for scanning a three-dimensional space by electronical scanning and mechanical scanning of an array vibrator.

**SOLUTION:** A mechanical scanning control part 34 moves the array vibrator in a Z direction at a speed according to a motor driving speed waveform and outputs the actual Z coordinate of the array vibrator from an array vibrator position detecting part 54 to an electronic scanning control part 32. An electronic scanning starting position indication part 36 calculates the Z coordinate of the array vibrator where electronical scanning of respective scanning surfaces has to be started based on a motor driving speed waveform so that the centers of the individual scanning surfaces are arranged at regular intervals. The part 32 detects that the actual Z coordinate of the array vibrator becomes the starting position calculated by the part 36, and starts electronical scanning. Furthermore, the part 32 equalizes the Z-coordinate of the center of the scanning surface between the first half and the second half of mechanical scanning and matches the scanning surfaces of the first half and the second half with the direction of electronical scanning opposite.



[Date of request for examination] 23.01.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3764854

[Date of registration] 27.01.2006

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2002-360566  
(P2002-360566A)

(43) 公開日 平成14年12月17日 (2002. 12. 17)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

A 6 1 B 8/00

識別記号

F I

A 6 1 B 8/00

テーマコード(参考)

4 C 3 0 1

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2001-171505(P2001-171505)

(22) 出願日 平成13年6月6日(2001. 6. 6)

(71) 出願人 390029791

アロカ株式会社

東京都三鷹市牟礼6丁目22番1号

(72) 発明者 望月 剛

東京都三鷹市牟礼6丁目22番1号 アロカ株式会社内

(72) 発明者 山下 優子

東京都三鷹市牟礼6丁目22番1号 アロカ株式会社内

(74) 代理人 100075258

弁理士 吉田 研二 (外2名)

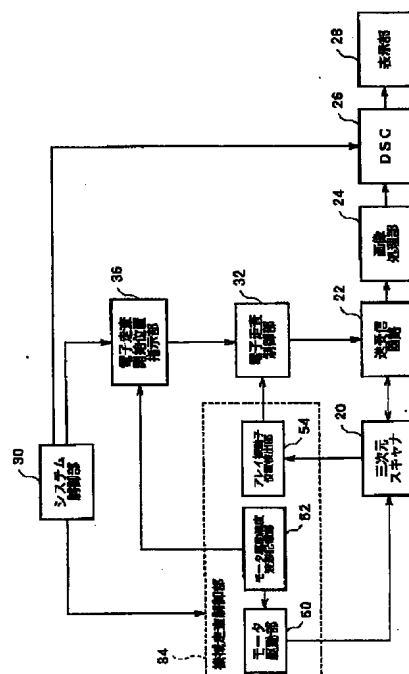
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超音波診断装置

(57) 【要約】

【課題】 アレイ振動子の電子走査及び機械走査により三次元空間を走査する超音波診断装置において、機械走査の高レート化及び走査の一様化を図る。

【解決手段】 機械走査制御部34はモータ駆動速度波形に従った速度でアレイ振動子をZ方向に移動させると共に、アレイ振動子位置検出部54からアレイ振動子の実際のZ座標を電子走査制御部32へ出力する。電子走査開始位置指示部36は、各走査面の中心が等間隔となるように、モータ駆動速度波形に基づいて各走査面の電子走査を開始すべきアレイ振動子のZ座標を計算する。電子走査制御部32は、アレイ振動子の実際のZ座標が、電子走査開始位置指示部36にて算出された開始位置となったことを検知して、電子走査を開始する。電子走査制御部32はさらに機械走査の往路と復路とで走査面の中心のZ座標を等しくし、かつ電子走査の向きを反対として、往路及び復路の走査面を合致させる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 超音波ビームの電子走査が可能なアレイ振動子を移動する移動手段を有し、当該アレイ振動子の移動中に前記電子走査を繰り返して、三次元空間内に複数の走査面を形成する超音波診断装置において、前記アレイ振動子の移動量を検出する移動量検出手段と、

検出された前記移動量に基づいて、前記各走査面上の所定の基準点が前記アレイ振動子の移動方向に関して等間隔となるように前記電子走査の開始タイミングを制御するタイミング制御手段と、

を有することを特徴とする超音波診断装置。

【請求項2】 超音波ビームの電子走査が可能なアレイ振動子を往復移動する移動手段を有し、当該アレイ振動子の往路移動中及び復路移動中に前記電子走査を繰り返して、三次元空間内に複数の走査面を形成する超音波診断装置において、

前記アレイ振動子の移動量を検出する移動量検出手段と、

前記往復移動の往路と復路とで前記電子走査の向きを反対にして前記各走査面を形成する電子走査手段と、

検出された前記移動量に基づいて、前記各走査面上の所定の基準点が前記アレイ振動子の移動方向に関して等間隔となり、かつ、前記往路の前記各走査面の前記基準点と前記復路の前記各走査面の前記基準点とが同じ位置となるように、前記電子走査の開始タイミングを制御するタイミング制御手段と、

を有することを特徴とする超音波診断装置。

【請求項3】 請求項2記載の超音波診断装置において、

前記移動手段は、前記アレイ振動子の前記往路における速度変化関数  $f(x)$  ( $x$  は前記アレイ振動子の移動方向に沿った座標を表す変数である) と前記復路における速度変化関数  $g(x)$  との間に次の関係式、

$$g(x) = -f(x)$$

が成り立つように前記アレイ振動子の往復移動を行うこと、

を特徴とする超音波診断装置。

【請求項4】 請求項1 から請求項3 のいずれかに記載の超音波診断装置において、

前記移動手段は、所定の速度変化関数に従った速度で前記アレイ振動子を移動し、

前記タイミング制御手段は、前記速度変化関数と前記各走査面での前記基準点までの前記電子走査の所要時間とに基づいて、前記各走査面の前記開始タイミングにおける前記アレイ振動子の予定位置を決定すること、

を特徴とする超音波診断装置。

【請求項5】 請求項4 記載の超音波診断装置において、

前記タイミング制御手段は、

前記所定の速度変化関数に対応してあらかじめ決定された前記予定位置を記憶する記憶手段と、

前記移動量検出手段の出力に基づく前記振動子アレイの現在位置と前記記憶手段が記憶する前記予定位置との一致に基づいて、前記開始タイミングを検知するタイミング検知手段と、を有することを特徴とする超音波診断装置。

【請求項6】 請求項1 から請求項5 のいずれかに記載の超音波診断装置において、

前記基準点は、前記各走査面での前記電子走査の中心であること、を特徴とする超音波診断装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、超音波診断装置に関し、特に三次元空間内に複数の走査面を形成する超音波診断装置に関する。

【0002】

【従来の技術】三次元空間を超音波ビームで走査し、エコーデータを収集する超音波診断装置には、アレイ振動子を機械的に移動させる構成が用いられている。この構成では、アレイ振動子の電子走査により走査面が形成される。そして、アレイ振動子を機械的に移動させて電子走査を繰り返すことにより、三次元空間内に複数の走査面が形成され、超音波ビームの送受信による三次元データが取得される。

【0003】図4は、三次元データ収集のための従来の超音波診断装置におけるアレイ振動子の機械的な移動の速度変化を示すグラフである。同図において、縦軸が速度であり、横軸が時間である。同図では、アレイ振動子の移動開始から停止までの1回分のストロークを示している。移動開始時及び停止時におけるアレイ振動子の機械駆動系の負荷を軽減するために、移動開始時には加速期間  $[t_a, t_s]$ 、また停止時には減速期間  $[t_c, t_e]$  が設けられ、アレイ振動子を徐々に加減速する。加速期間と減速期間との間（期間  $[t_s, t_c]$ ）、アレイ振動子は等速移動される。

【0004】従来は、この等速移動期間に、一定時間間隔で電子走査を繰り返して複数の走査面を形成していた。図5は、等速移動期間に形成される複数の走査面の配置を示す模式的な平面図である。同図において縦方向（X方向）がアレイ振動子の配列方向、横方向（Z方向）がアレイ振動子の機械的な移動方向である。電子走査は例えばアレイ振動子の駆動アドレスを & 1、& 2、…、& N と変えて、超音波ビームの位置をアレイ振動子の一端から他方端へ順に移動させることにより実現される。

【0005】電子走査は、Z方向にアレイ振動子を機械的に移動させながら行われるため、走査面4はアレイ振動子の配列方向に平行とはならず、斜めとなる。この斜めに形成される走査面4上で得られたエコーデータが、

アレイ振動子に平行な断面での超音波画像とされる。つまり、この超音波画像は実際の対象物の像とはずれており、この意味で歪みを有している。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】上述の従来の超音波診断装置は、アレイ振動子の加減速が行われる期間には電子走査を行わずに、等速移動される期間にのみ電子走査を行うことによって、三次元空間内に一様に走査面を配置する。これにより、アレイ振動子の移動方向に関し一様な解像度を得ることができる。一方、従来の装置は加減速期間では一様な解像度の三次元データを得ることができず、加減速期間がエコーデータ取得のロス時間となるという問題があった。そのため、アレイ振動子を往復移動させて三次元データを反復して取得する場合には、加減速期間の分、往復に要する時間が長くなり、データサンプリングレートが低くなるという問題があった。例えば、得られた三次元エコーデータを用いて、動きの速い心臓の弁をリアルタイムで観察する場合には、アレイ振動子を高速、例えば1秒間に25回程度揺動させることが要求されるが、従来の装置では、このような要求に

十分に 대응することが難しかった。また、三次元データの取得に際して、アレイ振動子の移動可能範囲を有効に利用できないという問題があった。

【0007】これに対し、加減速期間を短くすると、例えばアレイ振動子に急制動が加わるポイントにて、アレイ振動子の動きにリングングが生じ、機械駆動系の負担が大きくなる。図6は、加減速期間を短縮した場合のアレイ振動子の機械的な移動の速度変化を模式的に示すグラフであり、加速期間から等速移動期間へ移行するタイミング、及びアレイ振動子が停止するタイミングにてそれぞれリングング6が生じる様子が示されている。

【0008】一方、加減速期間と等速移動期間とを合わせたアレイ振動子の全移動期間にて一定の時間間隔で電子走査を行う構成では、等速移動期間を短くしてアレイ振動子の揺動周期の短縮を図ることが可能となる。しかし、この場合には、アレイ振動子の移動速度に応じて走査面の間隔に疎密が生じる。具体的には、アレイ振動子の移動可能範囲の端部ほど走査面が密に形成され、一方、移動可能範囲の中央部において走査面が相対的に疎に形成される。すなわち、得られた三次元データを用いて対象物を三次元的に観察しようとした場合、アレイ振動子の移動方向に関して端部では解像度が高く、一般に観察の関心の高い中央部では相対的に解像度が低くなる。

【0009】本発明は上記問題点を解消するためになされたもので、観察対象の三次元空間を高レートで走査することを可能とすると共に、アレイ振動子の移動方向に関する解像度の一様性を確保し、リアルタイムの観察に好適な三次元画像が得られる超音波診断装置を提供することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明に係る超音波診断装置は、アレイ振動子の移動量を検出する移動量検出手段と、検出された前記移動量に基づいて、電子走査による各走査面上の所定の基準点が前記アレイ振動子の移動方向に関して等間隔となるように前記電子走査の開始タイミングを制御するタイミング制御手段とを有する。

【0011】本発明によれば、電子走査が行われるときに、アレイ振動子は等速移動をしている必要はない。本発明では、アレイ振動子の移動量を検出し、その移動量を用いて電子走査の間隔を制御することによって、アレイ振動子の移動方向に関する走査面の間隔の一様化、すなわち当該方向に関する解像度の一様化が図られる。ここで、アレイ振動子の速度が変化する場合には、一般に、隣接する2つの走査面間の間隔は、電子走査方向（超音波ビームの移動方向）の位置に応じて変化し、一定とはならない。本発明では、走査面上に所定の基準点を定め、各走査面の基準点がアレイ振動子の移動方向に関して等間隔に配置されるように、アレイ振動子の移動量に基づいて電子走査の開始タイミングが定められる。本発明によれば、滑らかな関数に従って速度が変化するようにアレイ振動子を移動させ、リングングを生じることなく、アレイ振動子の移動開始から停止までの周期を短縮し、かつアレイ振動子の移動方向に関する解像度の一様性を向上することができる。

【0012】他の本発明に係る超音波診断装置は、アレイ振動子が往復移動されるものであって、前記アレイ振動子の移動量を検出する移動量検出手段と、前記往復移動の往路と復路とで電子走査の向きを反対にして各走査面を形成する電子走査手段と、検出された前記移動量に基づいて、前記各走査面上の所定の基準点が前記アレイ振動子の移動方向に関して等間隔となり、かつ、前記往路の前記各走査面の前記基準点と前記復路の前記各走査面の前記基準点とが同じ位置となるように、前記電子走査の開始タイミングを制御するタイミング制御手段とを有する。

【0013】本発明においても、アレイ振動子の往復移動の周期が短縮され、かつその移動方向に関する解像度の一様性が向上する。本発明では、さらに往路の走査面の配置及び復路の走査面の配置の同等化が図られる。つまり、往路の各走査面の基準点と復路の各走査面の基準点とが合致され、往路の走査面と復路の走査面とは基準点で互いに交差する。さて、アレイ振動子を移動させながら電子走査を行うと、往路の走査面と復路の走査面とは、アレイ振動子の速度に応じた角度でそれぞれアレイ振動子の配列方向に対して傾く。本発明では、電子走査の向きを往路と復路とで反対にすることによって、往路及び復路の両走査面が同じ向きに傾き、両走査面の基準点以外の部分での間隔を小さくすることができる。このようにして往路と復路との互いに対応する2つの走査面

が同じ位置又は概ね同じ位置に配置され、往路と復路とでのエコーデータの採取ポイントの相違による三次元画像のちらつきが抑制される。

【0014】別の本発明に係る超音波診断装置は、アレイド振動子が往復移動される上記装置において、さらにアレイド振動子の移動手段が、前記アレイド振動子の前記往路における速度変化関数  $f(x)$  ( $x$  は前記アレイド振動子の移動方向に沿った座標を表す変数である) と前記復路における速度変化関数  $g(x)$  との間に次の関係式、

$$g(x) = -f(x)$$

が成り立つように前記アレイド振動子の往復移動を行うことを特徴とするものである。

【0015】本発明によれば、復路でのアレイド振動子の運動は、往路でのアレイド振動子の運動を逆転させたものとされる。すなわち、往復移動の移動範囲の各点において、アレイド振動子の往路での速度と復路での速度とは大きさが等しく、向きが逆とされる。この場合には、往路の走査面と復路の走査面とのそれぞれの基準点を一致させると、両走査面が基準点以外の部分においても一致する。つまり、往路と復路とで共通の走査面上でのエコーデータが取得される。

【0016】また別の本発明に係る超音波診断装置は、アレイド振動子の移動手段が、所定の速度変化関数に従った速度で前記アレイド振動子を移動し、前記タイミング制御手段は、前記速度変化関数と前記各走査面での前記基準点までの前記電子走査の所要時間とに基づいて、前記各走査面での前記開始タイミングにおける前記アレイド振動子の予定位置を決定する。

【0017】本発明によれば、アレイド振動子の移動方向に関する各基準点の位置は、それらが等間隔になるように定められる。また、超音波ビームが電子走査の開始位置から基準点まで移動する時間は電子走査の速度から得られる。この基準点到達までの走査時間にアレイド振動子が移動する距離が、アレイド振動子の所定の速度変化関数に基づいて得られる。この移動距離をアレイド振動子の移動方向に関する基準点の位置から減算した位置が、各走査面の電子走査の開始タイミングにおけるアレイド振動子の予定位置となる。タイミング制御手段は、アレイド振動子の移動量がこの開始タイミング時の予定位置に対応するものとなったときに、電子走査を開始する。このように電子走査の開始タイミングが、移動量検出手段により得られるアレイド振動子の移動量に基づいて制御される。

【0018】本発明の好適な態様は、前記タイミング制御手段が、前記所定の速度変化関数に対応してあらかじめ決定された前記予定位置を記憶する記憶手段と、前記移動量検出手段の出力に基づく前記振動子アレイドの現在位置と前記記憶手段が記憶する前記予定位置との一致に基づいて、前記開始タイミングを検知するタイミング検知手段とを有する超音波診断装置である。各走査面の電子走査の開始タイミングでのアレイド振動子の予定位置

は、所定の速度変化関数に対しては固定であるので、逐一計算する必要はない。本態様では、開始タイミングに対応する予定位置をあらかじめ計算して記憶手段に格納し、これを読み出して電子走査の制御を行う。

【0019】また本発明の他の好適な態様は、前記基準点が、前記各走査面での前記電子走査の中心であることを特徴とする超音波診断装置である。往路の走査面と復路の走査面とが基準点でのみ交差する場合には、基準点を走査面での電子走査の中心にすることによって、走査面の一方端側での往路の走査面と復路の走査面との間隔と他方端側での間隔との均等化が図られる。これにより、往路の走査面及び復路の走査面の走査面内での平均間隔が低減され、往路と復路とでほぼ同等位置に配置された走査面でのエコーデータが取得される。

【0020】

【発明の実施の形態】次に、本発明の実施形態について図面を参照して説明する。

【0021】図1は、本発明の実施形態である超音波診断装置の概略のブロック図である。本装置は、三次元スキャナ20、送受信回路22、画像処理部24、DSC (Digital Scan Converter) 26、表示部28、システム制御部30、電子走査制御部32、機械走査制御部34、電子走査開始位置指示部36を含んで構成される。

【0022】三次元スキャナ20は、リニアアレイド型の超音波振動子(アレイド振動子)及びこれを移動させるモータを有している。三次元スキャナ20はアレイド振動子を電子走査(リニア走査、セクタ走査)することによって、走査面上でのエコーデータを取得する。ここで、電子走査による超音波ビームの移動方向をX方向、超音波ビームが形成される深さ方向をY方向とする。モータによってアレイド振動子を移動させることによって、XY面に直交するZ方向の機械走査が行われる。このように三次元スキャナ20は、機械走査を行いつつ電子走査を繰り返すことによって、三次元空間のエコーデータを取り込む。本装置では、モータの回転量を検出するエンコーダが設けられ、その出力に基づいてアレイド振動子のZ方向の移動量を検出することができる。

【0023】送受信回路22は、三次元スキャナ20のアレイド振動子に対して送信パルス信号を供給する。また、送受信回路22は、アレイド振動子の各チャンネルごとの受信信号を整相加算する処理、受信信号の増幅、及びA/D変換などを行う。

【0024】画像処理部24は、送受信回路22から入力された受信信号に基づいて、各超音波ビームに対応する画素の輝度値を決定し、三次元画像データを生成して、DSC26へ出力する。DSC26に格納された三次元画像データは、システム制御部30の制御の下に読み出されて表示部28へ出力され、表示部28は三次元超音波画像を表示する。

【0025】電子走査制御部32は、送受信回路22に

10

20

30

40

50

おける送信動作及び受信動作を制御して、電子走査を制御する。具体的には、電子走査制御部32は、送受信回路22からアレイ振動子への送信パルス信号をどの振動子に対してどのタイミングで供給するかを制御することによって、超音波の送信ビームの形成を制御する。また、電子走査制御部32は、送受信回路22での受信整相加算処理におけるチャンネル間の遅延量を制御し、受信ビームを形成する。このように、電子走査制御部32は、超音波ビームのX方向の移動を制御する。

【0026】機械走査制御部34は、モータ駆動部50、モータ駆動速度波形記憶部52、アレイ振動子位置検出部54を含んで構成される。モータ駆動部50は、三次元スキャナ20内のモータを駆動する。モータ駆動速度波形記憶部52には、機械走査の開始から終了までの間のモータの駆動速度の時間変化波形があらかじめ格納されている。モータ駆動部50は、モータ駆動速度波形記憶部52に記憶されたモータ駆動速度波形に基づいて、モータの駆動速度を制御する。アレイ振動子位置検出部54は、三次元スキャナ20に設けられたエンコーダの出力に基づいてアレイ振動子の機械走査方向の位置を検出する。例えば、モータ駆動部50は、アレイ振動子位置検出部54が出力するアレイ振動子の位置情報を利用して、予定されたモータ駆動速度波形に従うようにモータの実際の駆動速度をフィードバック制御することができる。

【0027】電子走査開始位置指示部36は、アレイ振動子の機械走査に伴って三次元空間に順次形成される複数の走査面の間隔の一樣化を図られるように、電子走査を開始すべきアレイ振動子のZ座標を各走査面ごとに定め、そのZ座標を電子走査制御部32に提供する。電子\*30

$$v(t) = A[1 - \cos(2\pi t / \tau_m)]$$

図3は、本装置の機械走査により形成される複数の走査面の配置を示す模式的な平面図である。同図において縦方向がアレイ振動子の配列方向(X方向)、横方向がアレイ振動子の機械的な移動方向(Z方向)である。電子走査は例えばアレイ振動子の駆動アドレスを&1、&2、…、&Nと変えて、超音波ビームの位置をアレイ振動子の一方端から他方端へ順に移動させることにより実現される。

【0031】本装置では、X方向の所定座標(すなわち電子走査方向の所定のアドレス)を基準点とし、この基準点での各走査面の間隔が一定値λとなるように、電子走査の開始タイミングが制御される。これにより、走査面は、機械走査方向の幅λの小区間ΔZごとに一つ配置※

$$Z_{ck} = Z_{c1} + (k-1)\lambda$$

ちなみに図3の例は、走査面が中心アドレス'&C'にて小区間ΔZの中心を通るように設定したものである。

【0034】往路の機械走査の開始から各Z<sub>ck</sub>に到達するまでの時間T<sub>ck</sub>は、t=0~T<sub>ck</sub>でのv(t)の積分値がZ<sub>ck</sub>となることから定まる。各走査面の電子走査開始

\* 走査開始位置指示部36は、例えばモータ駆動速度波形記憶部52に記憶されたモータ駆動速度波形を利用して、当該Z座標を計算する構成とすることができる。またモータ駆動速度波形はあらかじめ定められるものである。電子走査を開始すべきアレイ振動子のZ座標もあらかじめ計算しておくことができる。よって、電子走査開始位置指示部36を、あらかじめ計算された当該Z座標を記憶したメモリを用いて、走査面ごとに順次、当該Z座標を読み出して電子走査制御部32へ出力する構成とすることもできる。

【0028】システム制御部30は、本装置がシステムとして機能するように、各部、特に機械走査制御部34、電子走査開始位置指示部36、DSC26の動作を制御する。

【0029】次に本装置の機械走査及び電子走査について説明する。図2は、モータ駆動速度波形記憶部52に記憶されるモータ駆動速度波形v(t)の一例を示すグラフである。同図において、縦軸が速度、また横軸が時間に対応する。本装置ではアレイ振動子はZ方向に周期2τ<sub>m</sub>で往復移動され、モータ駆動速度波形v(t)は往路、復路それぞれの移動開始(t=0)から停止時間(t=τ<sub>m</sub>)までのアレイ振動子の速度の絶対値の変化を定めたものである。モータ等のZ方向の機械駆動系の負荷を軽減するために、v(t)には、Z方向の移動範囲の各点での加速度が小さくなるような滑らかな関数が採用される。図2に例示するv(t)は、次式で表されるカーブ60で速さが変化する関数である。

【0030】

【数1】

$$\dots\dots\dots (1)$$

※され、走査面の機械走査方向の配置の一樣性が向上する。

【0032】電子走査は、往路、復路のそれぞれにて行われるが、ここではまず、往路を例に取り、機械走査の一方での電子走査の制御を説明する。例えば、基準点を電子走査の中心アドレス'&C'に設定する。上述のように基準点はZ方向において一定間隔であるので、例えば、1番目の走査面の基準点P<sub>1</sub>のZ座標Z<sub>c1</sub>を用いて、k番目の走査面S<sub>k</sub>の基準点P<sub>k</sub>のZ座標Z<sub>ck</sub>は、次式のように与えられる。

【0033】

【数2】

$$\dots\dots\dots (2)$$

から停止までの走査時間は一定値τ<sub>e</sub>であり、電子走査の開始時刻T<sub>s,k</sub>は次式で与えられる。

【0035】

【数3】

$$T_{s,k} = T_{c,k} - \tau_e / 2$$

電子走査の開始時刻  $T_{s,k}$  から基準点到達時刻  $T_{c,k}$  までのアレイ振動子の Z 方向の移動距離  $\xi_k$  は、 $t = T_{s,k} \sim T_{c,k}$  での  $v(t)$  の積分値から求まる。k 番目の電子走査を \*

$$Z_{s,k} = Z_{c,k} - \xi_k$$

ちなみに、本装置では電子走査は、一般にアレイ振動子の速度が変化する期間に行われるので、 $\xi_k$  は各走査面ごとに異なり得る。つまり、電子走査の開始位置  $Z_{s,k}$  は基準点の位置  $Z_{c,k}$  とは異なり、等間隔になるとは限らない。

【0037】電子走査開始位置指示部 36 は、上述のような各走査面の電子走査開始位置  $Z_{s,k}$  を求める演算を行い、得られた  $Z_{s,k}$  を電子走査制御部 32 へ出力する。

【0038】一方、実際のアレイ振動子の位置はアレイ振動子位置検出部 54 により検知され、電子走査制御部 32 に与えられる。電子走査制御部 32 は、アレイ振動子の実際の Z 座標が  $Z_{s,k}$  に一致するか否かを監視し、一致を検知すると、送受信回路 22 を制御して電子走査を \*

$$Z'_{c,k} = Z_{c,(n-k+1)} \quad (k=1, 2, \dots, m) \quad \dots\dots (5)$$

第 2 の条件は、電子走査の向きを往路と復路とで反対にすることである。例えば、往路にて電子走査をアドレス '&1' から '&N' への向き (図 3 において矢印 70) に行った場合には、復路では '&N' から '&1' への向き (図 3 において矢印 72) に電子走査を行う。

【0041】第 3 の条件は、機械走査される Z 軸方向の★  
 $v'(Z) = -v(Z)$

例えば、(1) 式で示されるような、機械走査の前半と後半との速度変化が対称である共通の速度波形に基づいて、往路及び復路の機械走査が行われる場合には、上記第 3 の条件が成立する。

【0043】これら 3 つの条件により、X-Z 平面上での復路の電子走査の軌跡は、往路にて形成された電子走査の軌跡を逆向きになぞって形成され、往路と復路との☆

$$Z'_{c,k} = Z_{c,1} + (m-k) \lambda$$

であり、この基準点を通るように、復路における k 番目の走査面の電子走査の開始位置  $Z'_{s,k}$  が往路と同様にして電子走査開始位置指示部 36 により計算される。

【0045】電子走査制御部 32 は、復路において、電子走査開始位置指示部 36 から得られる  $Z'_{s,k}$  と機械走査制御部 34 から得られるアレイ振動子の実際の Z 方向の位置との比較を行い、電子走査の開始タイミングを制御する。また電子走査制御部 32 は、復路においては、電子走査の向きが往路と逆になるように送受信回路 22 を制御する。

【0046】例えば、電子走査制御部 32 及び電子走査開始位置指示部 36 の往路と復路との処理の切り替えは、機械走査制御部 34 から往路と復路との切り替わりを通知されることによって行われるように構成することができる。また、電子走査制御部 32、電子走査開始位置指示部 36 に往路、復路の走査面の順番を数えるカウ

..... (3)

\* 開始すべき Z 方向の位置  $Z_{s,k}$  は次式で与えられる。

【0036】

【数 4】

..... (4)

\* 開始させる。

【0039】復路においても基本的に上述の動作が行われ、走査面の基準点が等間隔となるように、電子走査の開始タイミングがアレイ振動子の Z 座標に基づいて制御される。本装置では、さらに、往路の走査面と復路の走査面とが重なるように機械走査及び電子走査が制御される。この制御は次の 3 つの条件を満たすことによって実現される。第 1 の条件は、往路の基準点  $Z_{c,k}$  ( $k=1, 2, \dots, m$ ) の配置と復路の基準点  $Z'_{c,k}$  ( $k=1, 2, \dots, m$ ) の配置とが共通であるというものであり、次式で表される。

【0040】

【数 5】

..... (5)

20★各点での速さ (すなわち速度の絶対値) が往路と復路とで等しいというものである。これは、往路と復路とで移動方向が反対であることを考慮して、往路の速度  $v(Z)$  と復路の速度  $v'(Z)$  との間の次の関係式で表される。

【0042】

【数 6】

..... (6)

☆各走査面は互いに一致する。つまり、復路の機械走査開始から数えて k 番目の走査面は往路の  $(m-k+1)$  番目の走査面  $S_{m-k+1}$  に一致する。

30【0044】復路の k 番目の走査面の基準点の Z 座標  $Z'_{c,k}$  は、(2) 式及び (5) 式から、  
 【数 7】

..... (7)

ンタを設け、往路の最後の走査面 (m 番目の走査面) についての処理に引き続いて復路の処理を開始し、復路の最後の走査面についての処理に引き続いて往路の処理を開始するように構成することもできる。

【0047】

40【発明の効果】本発明の超音波診断装置によれば、アレイ振動子の機械走査の速度が変化する期間においても走査面の基準点の間隔が一樣となるように走査面を形成することができる。これにより、アレイ振動子の加減速期間にも走査面を形成することができるので、電子走査が実行される期間とは別に加減速期間を設ける必要がなく、アレイ振動子の機械走査の周期を短縮することができる。観察対象の三次元空間を高レートで走査することが可能となる効果が得られる。しかも、アレイ振動子の移動方向に関する解像度の一様性が確保され、リアルタイムの観察に好適な三次元画像が得られる効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の実施形態である超音波診断装置の概略のブロック図である。

【図2】 モータ駆動速度波形  $v(t)$  の一例を示すグラフである。

【図3】 本装置の機械走査により形成される複数の走査面の配置を示す模式的な平面図である。

【図4】 三次元データ収集のための従来の超音波診断装置におけるアレイ振動子の機械的な移動の速度変化を示すグラフである。

【図5】 従来の装置の等速移動期間に形成される複数\*

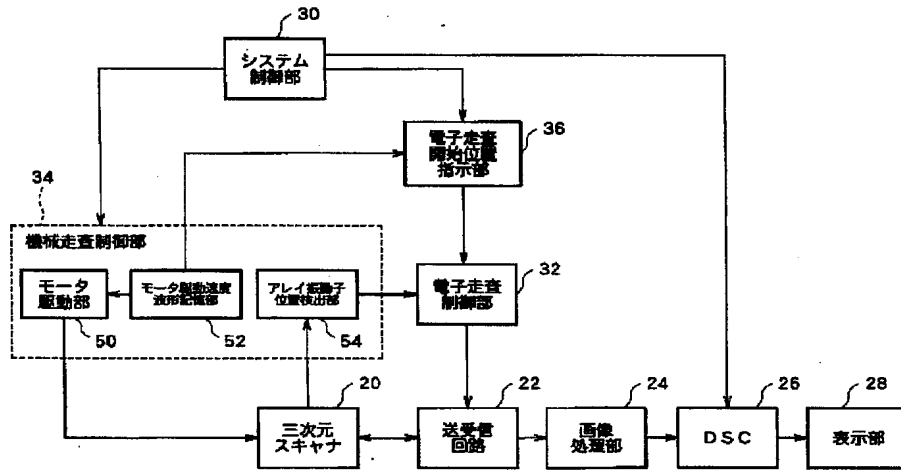
\* の走査面の配置を示す模式的な平面図である。

【図6】 加減速期間を短縮した場合のアレイ振動子の機械的な移動の速度変化を模式的に示すグラフである。

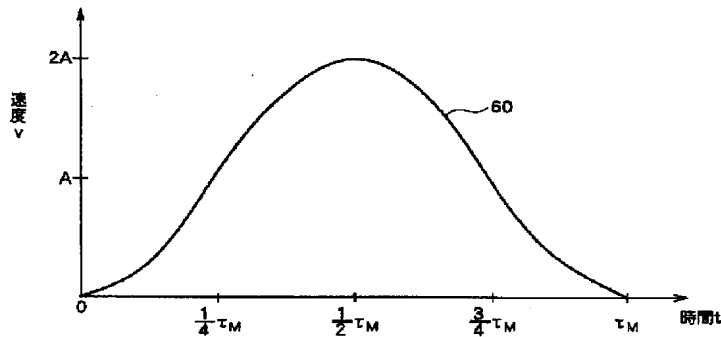
【符号の説明】

20 三次元スキャナ、22 送受信回路、24 画像処理部、26 DSC、28 表示部、30 システム制御部、32 電子走査制御部、34 機械走査制御部、36 電子走査開始位置指示部、50 モータ駆動部、52 モータ駆動速度波形記憶部、54 アレイ振動子位置検出部、10 動子位置検出部。

【図1】



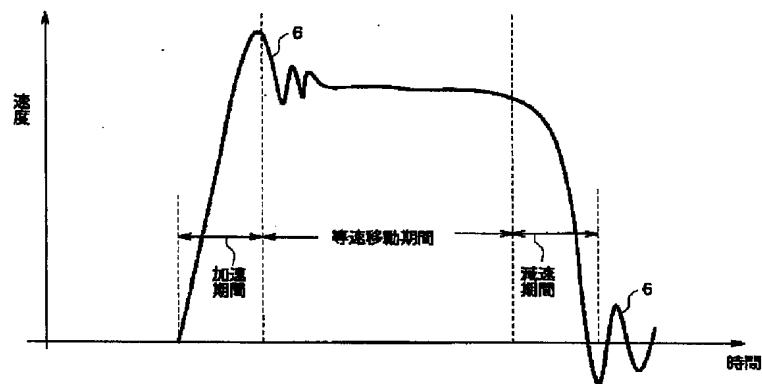
【図2】







【図6】



フロントページの続き

F ターム(参考) 4C301 AA02 BB01 BB02 BB13 BB28  
BB34 EE01 EE10 GA12 G804  
GD02 GD10 HH01 HH11 HH31  
JB03 JB29 KK16 LL04